



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES Y TELECOMUNICACIONES

**Monografía para Optar al Título de
Ingeniero en Electrónica**

Título:

**“Aplicación de Técnicas de Transmisión Digital para el diseño de
Radioenlaces PTP en Bandas Libres Utilizando la Herramienta Pathloss 5.0”**

Autor:

Br. Carlos Miguel Aburto Cruz

Carnet: 2008-15442

Tutor:

Msc. Cedrick Dalla-Torre

Managua, Nicaragua
Septiembre, 2018

INDICE

CONTENIDO	Nº PAGINA
RESUMEN	1
OBJETIVOS	2
INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE RADIENTALES	3
ANTENAS	6
RADIENTALES TERRESTRES	15
DISEÑO DEL RADIOENLACE	21
CONCLUSIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	41

1. RESUMEN

El presente trabajo monográfico tiene como propósito fundamental aplicar técnicas para el diseño de un Radioenlace PTP en Nicaragua, utilizando la herramienta de simulación Pathloss 5.0. podremos estudiar algunas técnicas de parámetros de comportamiento de interés para este tipo de tecnología.

De igual manera, otro elemento motivante por este proyecto monográfico, es continuar contribuyendo en la investigación como línea estratégica importante del crecimiento de las universidades, ya que permitirá desarrollar habilidades de búsqueda de información y análisis de los datos obtenidos, de la misma forma permite emplear los conocimientos adquiridos en los años de estudio, en el entendimiento y aplicabilidad de la información recopilada, fortaleciendo así criterios propios de ingeniería.

En el presente documento se presenta un estudio técnico conciso, que contendrá: el sistema simulado en la herramienta de simulación antes descrita con diferentes gráficas de comportamiento para su análisis e interpretación.

Para finalizar, con el desarrollo y culminación de este proyecto de fin de carrera, se interactúa con la herramienta de simulación para diseño de radioenlaces de transmisión, permitiendo al estudiante poder interactuar a través de la experimentación simulada con el entorno de este novedoso tipo de sistemas y no solo de modo teórico o conceptual, debido a que permite incrementar nuestro nivel de comprensión el diseño de radioenlaces, muy necesarias en el mercado laboral actual.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Aplicar las técnicas de transmisión digital para el diseño de un radioenlace PTP entre el hospital Alemán Nicaragüense y el hospital Escuela Manolo Morales con la utilización de la herramienta Pathloss 5.0

2.2 Objetivos Específicos

- Describir los principios que se deben de considerar para el diseño de radioenlaces.
- Determinar la frecuencia, tipo antena, tipo de radio y polarización.
- Demostrar la viabilidad técnica para una posible implementación.

3. INTRODUCCIÓN DEL DISEÑO DE RADIOENLACES

Hoy en día los sistemas inalámbricos nos rodean por todas partes. A los ya habituales sistemas de telefonía móvil, se unen las redes de datos inalámbricas, la televisión digital terrestre o los radioenlaces punto a punto. Para el correcto funcionamiento de estos sistemas resulta crucial un diseño adecuado del interfaz radioeléctrico. El diseño de radioenlaces es una disciplina que involucra toda una serie de cuestiones tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el cálculo del balance de potencias, la estimación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica, entre otras. [1]

Es bien conocido que las ondas radioeléctricas sufren gran atenuación al atravesar la vegetación, especialmente en el caso de frecuencias elevadas. Los sistemas móviles se ven mucho más afectados por este fenómeno, pues es más fácil que puedan darse situaciones donde el receptor no tiene visión directa (NLOS) al encontrarse obstruido por árboles o grandes arbustos. En el caso de enlaces punto a punto es menos habitual, pues la planificación previa del radioenlace permite identificar posibles obstáculos y evitarlos convenientemente. Aun así, todavía pueden producirse pérdidas significativas si el haz radioeléctrico transcurre cerca de zonas boscosas. [2]

El cálculo de las pérdidas causadas por la vegetación puede resultar tremendamente complejo, especialmente si se acude a técnicas analíticas como GTD/UTD (Geometrical and Uniform Theory of Diffraction). Afortunadamente, los métodos empíricos suelen ser suficientes en la mayor parte de los casos y ofrecen una buena precisión. La gran dificultad que entraña la definición de un modelo matemático para el cálculo de la atenuación por vegetación es que depende de gran cantidad de factores y parámetros físicos. [2]

Por una parte, tenemos el tipo de vegetación: especies, árboles, arbustos, hoja perenne o caduca, densidad del follaje, etc. Por otra parte, su disposición geométrica (número, posición, altura) y su variabilidad temporal (efectos del viento sobre hojas y ramas o crecimiento a largo plazo). Luego es evidente que tener en cuenta todas estas características resulta prácticamente imposible. [2]

3.1 Propagación de Ondas

La propagación de ondas se refiere a la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre. Aunque el espacio libre realmente implica en el vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación por el espacio libre y se puede considerar siempre así. La principal diferencia es que la atmósfera de la Tierra introduce pérdidas de la señal que no se encuentra en el vacío. Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire, pero no se propagan bien a través de los conductores con pérdidas como el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyan corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas. [3]

3.2 Principio de Huygens

El principio de Huygens establece que cada punto alcanzado por un frente de ondas actúa como origen de un nuevo frente de ondas que se extiende en todas las direcciones. Si el medio es homogéneo el frente de ondas es esférico en un momento cualquiera t ; un poco más tarde en el tiempo $t + \Delta t$, cada uno de los frentes de onda habrá dado lugar a pequeños frentes de ondas esféricos de radio $C \cdot \Delta t$ donde C es la velocidad del medio. El nuevo frente de ondas, en el instante $t + \Delta t$, será la envolvente de todos los pequeños frentes de onda y, por tanto, será una superficie esférica concéntrica con la primitiva. Si el medio no es homogéneo, cada elemento del frente de ondas se traslada paralelamente a sí mismo durante el

lapso Δt , pero con velocidades distintas a lo largo del frente, por lo que el nuevo frente de ondas no será paralelo al primero. [4]

3.3 Refracción

Las ondas de radio están expuestas a sufrir una desviación en su trayectoria cuando atraviesan de un medio a otro con densidad distinta, en comunicaciones este efecto sucede cuando las ondas electromagnéticas atraviesan las distintas capas de la atmósfera variando su trayectoria en un cierto ángulo. La desviación de la trayectoria es proporcional al índice de refractividad. [5]

3.4 Reflexión

Las ondas de radio atraviesan las diversas capas de la atmósfera, desde la tropósfera hasta la ionosfera y si los índices de refractividad de cada una de estas capas son muy diferentes. Estos distintos índices pueden llegar a producir reflexión total, siendo las frecuencias de VHF y superiores las más propensas a esta desviación de trayectoria. [5]

3.5 Dispersión

El efecto de la dispersión ocurre cuando las ondas de radio atraviesan alguna masa de electrones o pequeñas gotas de agua en áreas suficientemente grandes. En comunicaciones de radio es importante mencionar que la dispersión de la señal generada por lluvia depende de la comparación del tamaño de la longitud de onda de la señal y el diámetro de la gota de lluvia. Si el diámetro de la gota de lluvia es menor a la longitud de onda y el diámetro de la gota de lluvia. Generalmente la refracción se produce solamente a determinados ángulos. [5]

3.6 Difracción

Se puede entender a la difracción como el espaciamiento de las ondas en los límites de una superficie, esto quiere decir que para que exista la difracción tiene que haber un obstáculo, así es como este fenómeno es de gran utilidad para las zonas de sombra de señal que pueden ser producidas por grandes edificios o montañas. [5]

4. ANTENAS

4.1 Introducción

La definición formal de una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre.

En realidad, una antena es un trozo de material conductor al cual se le aplica una señal y esta es radiada por el espacio libre.

Las antenas deben dotar a la onda radiada con un aspecto de dirección. Es decir, deben acentuar un solo aspecto de dirección y anular o mermar los demás. Esto es necesario ya que solo nos interesa radiar hacia una dirección determinada.

Esto se puede explicar con un ejemplo, hablando de las antenas que llevan los satélites. Estas acentúan mucho la dirección hacia la tierra y anulan la de sentido contrario, puesto que lo que se quiere es comunicarse con la tierra y no mandar señales hacia el espacio.

Las antenas también deben dotar a la onda radiada de una polarización. La polarización de una onda es la figura geométrica descrita, al transcurrir el tiempo,

por el extremo del vector del campo eléctrico en un punto fijo del espacio en el plano perpendicular a la dirección de propagación.

Para todas las ondas, esa figura es normalmente una elipse, pero hay dos casos particulares de interés y son cuando la figura trazada es un segmento, denominándose linealmente polarizada, y cuando la figura trazada es un círculo, denominándose circularmente polarizada.

Una onda está polarizada circularmente o elípticamente a derechas si un observador viese a esa onda alejarse, y además viese girar al campo en el sentido de las agujas de un reloj. Lógicamente, si lo viese girar en sentido contrario, sería una onda polarizada circularmente o elípticamente a izquierdas. [6]

4.2 Distribución de Corriente en una Antena

Una antena, al ser un elemento de un circuito, tendrá una distribución de corrientes sobre ella misma. Esta distribución dependerá de la longitud que tenga la antena y del punto de alimentación de la misma.

Una onda estacionaria es una onda que se crea cuando una señal se está propagando por un medio de transmisión y es reflejada por culpa de una mala adaptación o por culpa de un final de línea.

Supongamos primero que tenemos una línea acabada en circuito abierto y alimentada en uno de sus extremos.

En el momento de alimentar a esta línea de transmisión con una señal senoidal, se crea una onda que se propaga por la línea.

Esta señal se irá repitiendo cada longitud de onda (una longitud de onda y no media longitud de onda) ya que es una señal senoidal y es periódica. Esto provoca que ahora tengamos una distribución de corrientes que no es constante y que varía en función de la longitud de onda.

Una vez que la onda llega al final de la línea, esta es reflejada al no poder continuar su camino, volviendo hacia el generador. Esta onda reflejada tiene un desfase de 90° respecto de la onda incidente, por lo que, al sumarse con la onda incidente, tendremos puntos en donde la suma de un máximo y en donde de un mínimo. Esta suma de las dos ondas es la onda estacionaria.

Si en vez de estar acabada la línea en circuito abierto, estuviera acabada en corto circuito, también se reflejaría la onda, pero en vez de estar desfasada 90° , estaría desfasada 180° . También se sumaría a la onda incidente y lógicamente también creará la onda estacionaria. [6]

4.3 Temperatura de la Antena

Un sistema produce en sus terminales una potencia eléctrica de ruido a causa de la agitación térmica de sus moléculas.

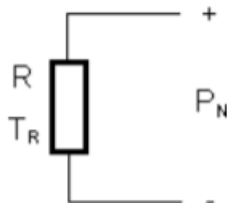


Figura 1. Potencia de ruido de una resistencia. [7]

$P_{KTBNR} = [W]$ K: constante de Boltzmann ($1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

TR: temperatura física de la resistencia [K]

B: ancho de banda [Hz]

Si se sustituye la resistencia por una antena sin pérdidas colocada en una cámara de anecoica a una temperatura T_c , la potencia de ruido disponible en los terminales de la antena será:

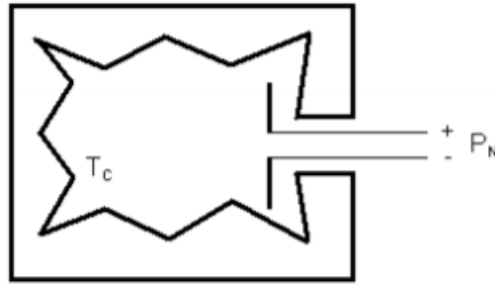


Figura 2. Potencia de ruido de una antena en una cámara anecoica. [7]

En todos estos casos se puede decir que la antena tiene una temperatura de ruido (T_A) igual en el resto de temperaturas presentadas: $T_A = T_c = T_S = T_O$. También es importante destacar que la potencia de ruido (P_N) no depende de la distancia ni de la posición relativa entre la antena y el objeto, ya que el diagrama de radiación de la antena queda completamente cubierto por el objeto.

Si la fuente de ruido no cubre el ancho de haz de la antena, entonces la potencia de ruido disponible en los terminales de la antena es proporcional al ángulo sólido cubierto:

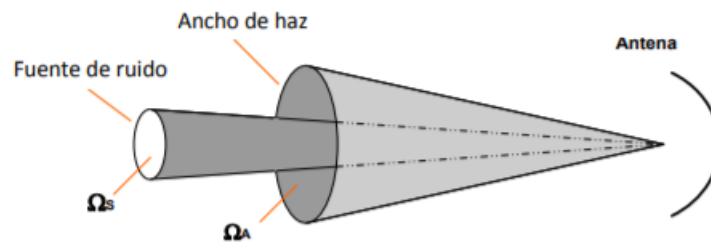


Figura 3. Fuente de ruido (Ω_s) < ancho de haz de la antena (Ω_A).

Ω_A : Ángulo sólido cubierto por el diagrama de radiación de la antena (Ω_e).

Ω_S : Ángulo sólido cubierto por la fuente de ruido.

Todos los objetivos con temperatura diferente al cero absoluto (0 K) emiten una radiación que puede ser captada por una antena.

Por lo tanto, si la antena se encuentra en un ambiente externo uniforme de temperatura T_A ($\Omega > \Omega_S$), la potencia de ruido entregada por una antena sin pérdidas a una carga adaptada se determina por la relación de Nyquist.

Para calcular la temperatura de antena es necesario determinar en primer lugar qué fuentes de ruido son relevantes en la banda de trabajo, T_A de cada una de ellas y con qué ancho se reciben. El ruido externo ocurre a causa de la emisión radioeléctrica de otras fuentes diferentes a la que se desea recibir, y que se pueden agrupar de la siguiente manera:

1. Fuentes extraterrestres: ruido galáctico, radiación solar.
2. Emisión radioeléctrica de la tierra y de la atmósfera.
3. Ruido de origen atmosférico a causa de descargas eléctricas.
4. Ruido de origen humano e industrial.

Las fuentes de ruido extraterrestre más importantes son el sol y el ruido galáctico. El sol presenta temperaturas de brillo muy elevadas, entre 10,000 y 10,000 K, que pueden aumentar notablemente en periodos de fuerte actividad solar, si bien sólo se tiene que considerar cuando el haz principal o un lóbulo secundario de la antena apuntan hacia el sol. El ruido galáctico sólo es importante a frecuencias inferiores a 2GHz, mientras que a frecuencias superiores y excepto radiofuentes puntuales, solamente es significativo el ruido cósmico de fondo de 2.7K. [7]

4.4 Ruido Generado por la Antena

Si la antena receptora tiene pérdidas, con el fin de estar sometida a una temperatura ambiente la resistencia de pérdidas añadirá una potencia de ruido térmico a la carga, que se añade al ruido externo captado por la antena.

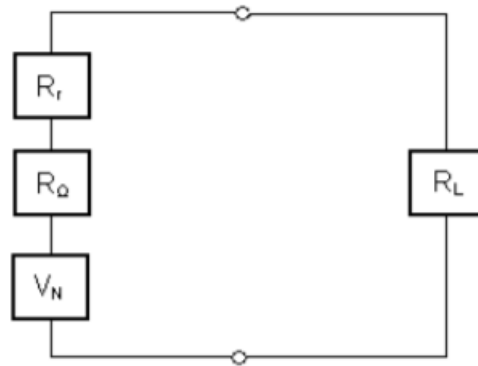


Figura 4. Potencia de ruido generada por la antena. [7]

4.5 Ruido Generado por una Línea de Transmisión

Una antena es parte de un sistema receptor, que está formado por una antena, un receptor y una línea de transmisión que los conecta.



Figura 5. Línea de transmisión conectada a una antena.

La línea de transmisión es un elemento que tiene pérdidas, es decir, parte de la potencia de entrada se disipa en forma de calor. Hablar de la atenuación que sufre la línea de transmisión es equivalente a hablar de su eficiencia.

La atenuación es producto de un efecto resistivo (resistencia de pérdidas), por lo tanto, el fenómeno es exactamente el mismo que con una antena de eficiencia η_r : hay una potencia de ruido generada en la línea que será entregada al receptor. La potencia de ruido en la salida de una línea de transmisión es la suma de la potencia de ruido presente en la entrada atenuada y de la potencia de ruido que genera la propia línea.

4.6 Alcance Máximo de una Señal

El alcance máximo de una señal viene determinado por la sensibilidad del receptor, que es la mínima potencia que tiene que llegar a los terminales de la antena para que el receptor reproduzca los datos correctamente. De esta forma la relación señal a ruido ha de estar por encima de un umbral. A partir de la ecuación de transmisión y el ruido, se puede determinar el alcance máximo a partir del cual la señal estará por debajo del umbral mínimo y como consecuencia no se podrá tener la información con los mínimos preestablecidos.

4.7 Antenas Microondas

La antena más común en las microondas es la de tipo parabólico. El tamaño típico es de un diámetro de unos 3 metros. Esta antena se fija rígidamente, y en este caso el haz estrecho debe estar perfectamente enfocado hacia la antena receptora.

Las antenas de microondas se sitúan a una altura apreciable sobre el nivel del suelo para con ello conseguir mayores separaciones entre ellas, y para evitar posibles obstáculos en la transmisión. Si no hay obstáculos intermedios, la distancia máxima entre antenas es:

$$d = 7.14 \sqrt{Kh} \text{ Km} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

donde d es la distancia de separación entre las antenas expresada en kilómetros, h es la altura de la antena en metros, y K es un factor de corrección que tiene en cuenta que las microondas se desvían o refractan con la curvatura de la tierra llegando, por lo tanto, más lejos de lo que lo harían si se propagasen en línea recta.

Una buena aproximación es considerar $K = 4/3$.

Por lo tanto, a modo de ejemplo: Dos antenas de microondas con altura de 100 metros pueden separarse una distancia de:

$$d = 7.14\sqrt{133} = 82Km \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Para llevar a cabo transmisiones a largas distancias, se utiliza la concatenación de enlaces punto a punto entre antenas situadas en torres adyacentes, hasta cubrir la distancia deseada.

El uso principal de los sistemas de microondas terrestres son los servicios de telecomunicación de larga distancia, como alternativa al cable coaxial o a las fibras ópticas. Para una distancia dada, las microondas requieren menor número de repetidores o amplificadores que el cable coaxial, pero necesita que las antenas estén perfectamente alineadas. El uso de las microondas es frecuente en la transmisión de televisión y voz.

Otro uso cada vez más frecuente es en enlaces punto a punto a cortas distancias entre edificios. En este último caso, aplicaciones típicas son circuitos cerrados de TV o la interconexión de redes locales. Además, las microondas a corta distancia también se utilizan en las aplicaciones denominadas de by-pass, con las que una determinada compañía puede establecer un enlace privado hasta el centro proveedor de transmisiones a larga distancia, evitando así tener que contratar el servicio a la compañía telefónica local. [8]

El rango de las microondas cubre una parte sustancial del espectro electromagnético. La banda de frecuencias está comprendida entre 2 y 40 GHz. Cuanto mayor sea la frecuencia utilizada, mayor es el ancho de banda potencial, y por tanto, mayor es la posible velocidad de transmisión.

En los sistemas que usan microondas, los amplificadores o repetidores se pueden distanciar más (de 10 a 100 Km.) que en coaxiales y pares trenzados. La atenuación aumenta con las lluvias, siendo este efecto especialmente significativo para frecuencias por encima de 10 GHz. Otra dificultad adicional son las interferencias (por el traslape de frecuencias), por lo tanto, la asignación de bandas tiene que realizarse siguiendo una regulación estricta. Las bandas más usuales en la transmisión a larga distancia se sitúan entre 4 GHz y 6 GHz.

Debido a la creciente congestión que están sufriendo estas bandas, la banda de 11 GHz se está empezando a utilizar. La banda de 12 GHz se usa para proporcionar la señal de TV a las cabeceras de distribución de TV por cable, en las que para llegar al abonado se utiliza el cable coaxial. Las microondas de altas frecuencias se están utilizando para enlaces cortos punto a punto entre edificios. Para tal fin se usa generalmente la banda de 22 GHz.

Las bandas de frecuencias superiores son menos útiles para distancias más largas debido a que cada vez la atenuación es mayor, ahora bien, son bastantes adecuadas para distancias más cortas. Y, además, a frecuencias superiores, las antenas son más pequeñas y más baratas. [8]

5. RADIOENLACE TERRESTRES

Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. [9]

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto. Se describe como microondas a aquellas ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde los 500 MHz hasta los 300 GHz o aún más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda relativamente pequeñas, de ahí el nombre de “micro” ondas. Así por ejemplo la longitud de onda de una señal de microondas de 100 GHz es de 0.3 cm., mientras que la señal de 100 MHz, como las de banda comercial de FM, tiene una longitud de 3 metros. Las longitudes de las frecuencias de microondas van de 1 a 60 cm., un poco mayores a la energía infrarroja. Se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecer enlaces punto a punto. Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario. [9]

5.1 Microondas Terrestres (Radio Relay System)

Un radioenlace terrestre o microondas provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (Line – of - Sight, LOS) usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en FM) o digital.

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- a. Telefonía básica (canales telefónicos)
- b. Datos
- c. Canales de Televisión.
- d. Vídeo
- e. Telefonía Celular

5.2 Ventajas de los Radioenlaces de Microondas Comparados con los Sistemas de Línea Metálica

- a. Volumen de inversión generalmente mas reducidos.
- b. Instalación más rápida y sencilla.
- c. Conservación generalmente más económica y de actuación rápida. • Puede superarse las irregularidades del terreno.
- d. La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- e. Puede aumentarse la separación entre repetidores, incrementando la altura de las torres.

5.3 Planes de Frecuencia – Ancho de Banda en un Radioenlace por Microondas

En una estación terminal se requieran dos frecuencias por radiocanal.

- Frecuencia de emisión
- Frecuencia de recepción

Es una estación repetidora que tiene como mínimo una antena por cada dirección, es absolutamente necesario que las frecuencias de emisión y recepción estén suficientemente separadas, debido a:

1. La gran diferencia entre los niveles de las señales emitida y recibida, que puede ser de 60 a 90 dB.
2. La necesidad de evitar los acoples entre ambos sentidos de transmisión.
3. La directividad insuficiente de las antenas sobre todas las ondas métricas. Por consiguiente, en ondas métricas (30-300 Mhz) y decimétricas (300 Mhz - 3 Ghz), conviene utilizar cuatro frecuencias (plan de 4 frecuencias). En ondas centimétricas, la directividad es mayor y puede emplearse un plan de 2 frecuencias. [9]

5.4 Diversidad de Espacio

Se denomina diversidad de espacio a la radio recepción mediante dos o más antenas que generalmente se colocan en una misma torre, en ambos extremos del trayecto, con una separación equivalente a varias longitudes de onda. La información se envía en una sola frecuencia, pero se recibe por dos o más trayectos distintos.

Las señales recibidas se alimentan a receptores individuales, los cuales suministran una señal combinada de salida esencialmente constante a pesar del desvanecimiento que pueda ocurrir durante la propagación. Por lo general en los

sistemas por diversidad de espacio se transmite una misma señal a dos antenas receptoras instaladas con cierta separación vertical.

Las dos salidas de los receptores se combinan en la estación. El sistema por diversidad de espacio funciona de acuerdo con el principio de que las dos componentes de una misma señal que corren dos caminos distintos no tendrán los mismos puntos de interferencia.

Una misma longitud de onda sufre diferentes grados de interferencia. Una misma longitud de onda sufre diferentes grados de interferencia en dos puntos espaciados verticalmente por que dicha onda llega a las antenas por dos caminos distintos. [9]

5.5 Diversidad de Frecuencia

En la diversidad por frecuencia, solo consiste en modular dos portadoras de RF distintas con la misma información de FI (Frecuencias Intermedias), y transmitir. Entonces ambas señales de RF a un destino dado. En el destino, se demodulan ambas portadoras y la que produzca la mejor señal de FI (Frecuencias Intermedias) de mejor calidad, es la que se usa.

Cuando se usa diversidad de frecuencia, la información se transmite en más de una portadora, de tal forma que señales con una separación de frecuencia mayor que determinado valor no experimenten el mismo desvanecimiento, siendo la separación en frecuencia necesaria para que los canales estén parcial o totalmente decorrelados una función del ancho de banda de coherencia del canal.

Este valor puede corresponder a una fracción importante del ancho de banda total utilizado, y por lo tanto, esta técnica tiene la desventaja de necesitar generalmente un ancho de banda significativamente mayor, con un número igual de receptores que de canales de diversidad. Sin embargo, la diversidad en frecuencia se emplea usualmente en enlaces por línea de vista que usan FDM (Multiplexación por División

de Frecuencia) y para rutas críticas. En sistemas de diversidad en transmisión es posible utilizar la diversidad de frecuencia a través de códigos espacio-frecuencia, con la misma metodología empleada por los códigos espacio-tiempo. [9]

5.6 Confiabilidad

Las normas de seguridad de funcionamiento de los sistemas de microondas han alcanzado gran rigidez. Por ejemplo, se utiliza un 99.98% de confiabilidad general en un sistema patrón de 6000 Km. de longitud, lo que equivale a permitir solo un máximo de 25 segundos de interrupción del año por cada enlace.

Por enlace o radioenlace se entiende el tramo de transmisión directa entre dos estaciones adyacentes, ya sean terminales o repetidoras, de un sistema de microondas. El enlace comprende los equipos correspondientes de las dos estaciones, como así mismo las antenas y el trayecto de propagación entre ambas. De acuerdo con las recomendaciones del CCIR, los enlaces, deben tener una longitud media de 50 Km.

Las empresas industriales que emplean sistemas de telecomunicaciones también hablan de una confiabilidad media del orden de 99.9999%, o sea un máximo de 30 segundos de interrupciones por año, en los sistemas de microondas de largo alcance. Los cálculos estimados y cómputos de interrupciones del servicio por fallas de propagación, emplean procedimientos parcial o totalmente empíricos. [9]

5.7 Fallas de Propagación

El número de fallas de propagación y al tiempo fuera de servicio del sistema de transmisión se basan en las siguientes características: Protección del sistema de transmisión mediante diversidad de espacio o frecuencia. Margen de 40 dB para contrarrestar el desvanecimiento, presencia de desvanecimiento de Rayleigh en ambas ramas del sistema de diversidad.

Introducción de un factor de 100 a 1 por mejora de diversidad. El TFS se reducirá a unas 20 interrupciones anuales simultáneas (o sea en ambas ramas del sistema de diversidad al mismo tiempo), con una duración media de 1.5 segundos cada uno.

[9]

6. DISEÑO DE UN RADIOENLACE HOSPITAL LENIN FONSECA – HOSPITAL ESCUELA MANOLO MORALES PERALTA

Para el diseño del radioenlace se utilizará la herramienta de radiocomunicaciones Pathloss 5.0, la cual permite realizar diseño de enlaces punto a punto. A continuación, en la Figura 6 se muestra una vista aérea del hospital Alemán Nicaragüense, ubicado en la ciudad de Managua.



Figura 6. Vista aérea en Google Earth del Hospital Alemán Nicaragüense

En la Tabla 1 está las coordenadas y la elevación del Hospital Alemán Nicaragüense.

Tabla 1. Coordenadas y Elevación del Hospital Alemán Nicaragüense

Latitud	Longitud	Elevación
12 08 49.28N	86 13 05.76W	83 mts

En la Figura 7. Se muestra una vista aérea del Hospital Escuela Manolo Morales Peralta, utilizando la herramienta Google Earth.

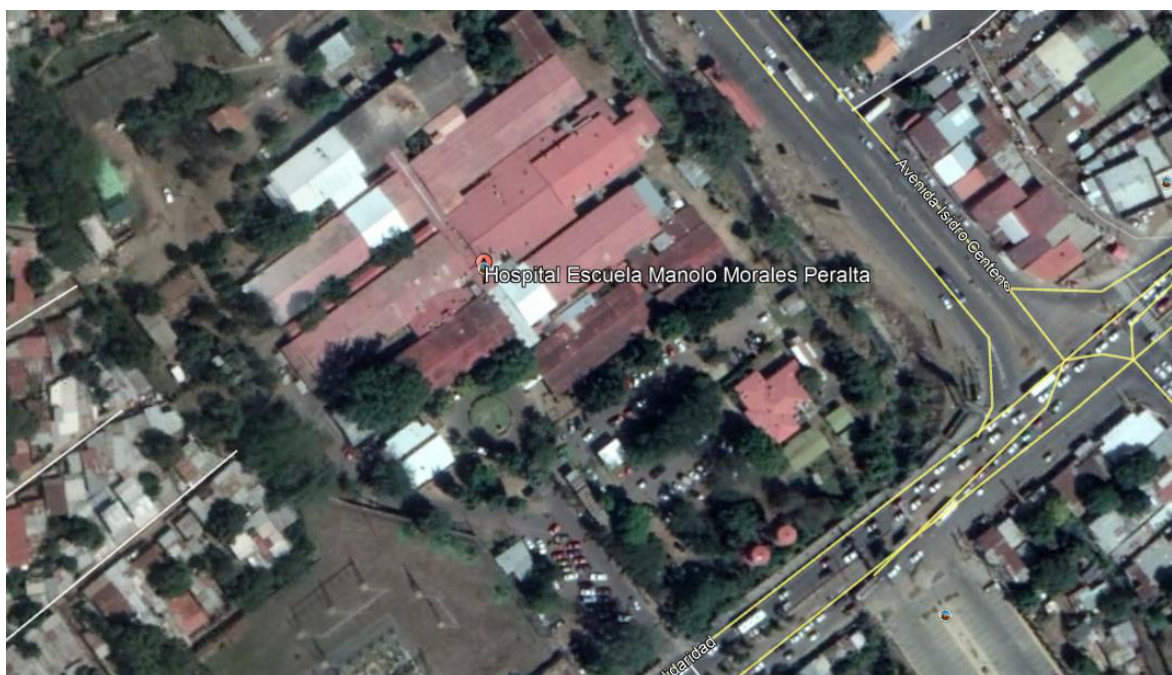


Figura 7. Vista aérea del hospital Manolo Morales Peralta

En la Tabla 2. Están las coordenadas y elevación del hospital escuela Manolo Morales Peralta.

Tabla 2. Coordenadas y Elevación del Hospital Escuela Manolo Morales Peralta

Latitud	Longitud	Elevación
12 07 20.93N	86 14 44.81W	133 mts

Como se muestra, la elevación del terreno de la ubicación del hospital escuela Manolo Morales Peralta mayor que la elevación donde está ubicado el hospital Alemán Nicaragüense.

A continuación, en la Figura 8, se mostrará el perfil del terreno entre el hospital Alemán Nicaragüense y el hospital Escuela Manolo Morales Peralta. Para ello se utilizó la herramienta Google Earth, que permite hacer este tipo de aplicación.

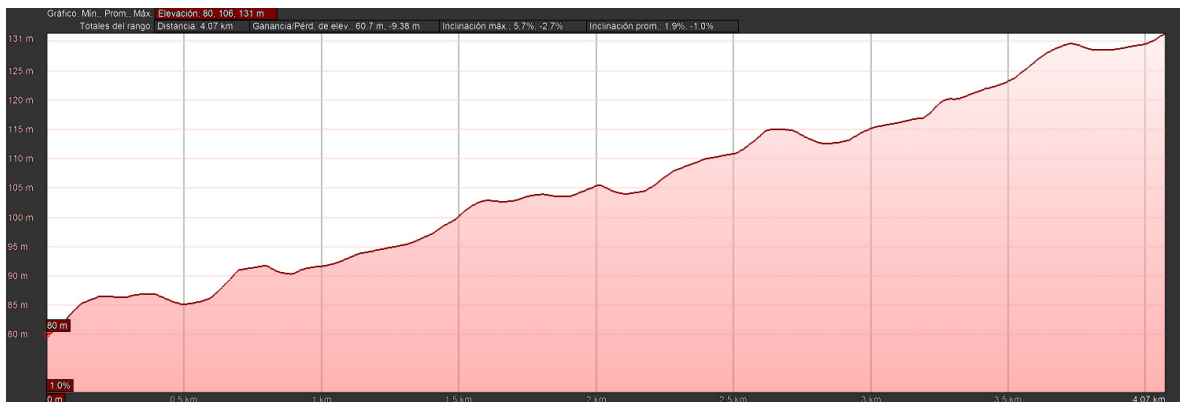


Figura 8. Perfil de elevación de terreno hospital Alemán Nicaragüense – Hospital Escuela Manolo Morales

Para determinar la viabilidad del radioenlace entre el hospital Alemán Nicaragüense y el hospital Escuela Manolo Morales, se debe de determinar el despeje de 2 zonas de Fresnel, además de ello. Lo que implica que se deberá determinar un libramiento de obstáculos, también se determinará la frecuencia, altura de antena óptima, tipo de radio y antena microonda que se utilizará para este radioenlace. Para ello, se utilizará la herramienta Pathloss 5.0. Se realizará paso a paso, todo el estudio para definir los parámetros que se requieren para una buena calidad de conexión entre ambos hospitales.

6.1 Diseño del Radioenlace Utilizando Pathloss 5.0

En la Figura 9, se puede ver la ventana principal de la herramienta Pathloss 5.0

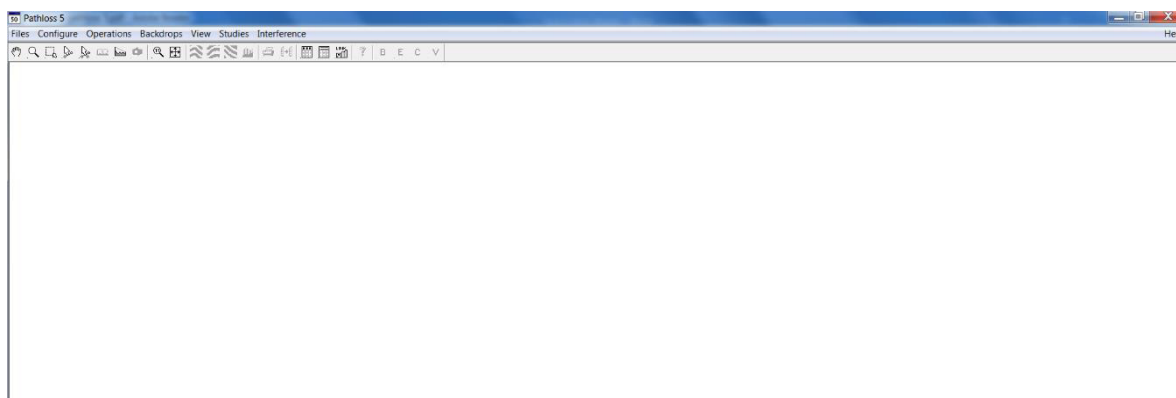


Figura 9. Ventana principal de la herramienta Pathloss 5.0

Ahora, se procederá a cargar la cartografía para el proyecto del radioenlace Hospital Alemán Nicaragüense – Hospital Escuela Manolo Morales.

En la pestaña de configuración, aparecerá la opción Set Get Configuration, y aparecerá la siguiente ventana a como se muestra en la Figura 10.

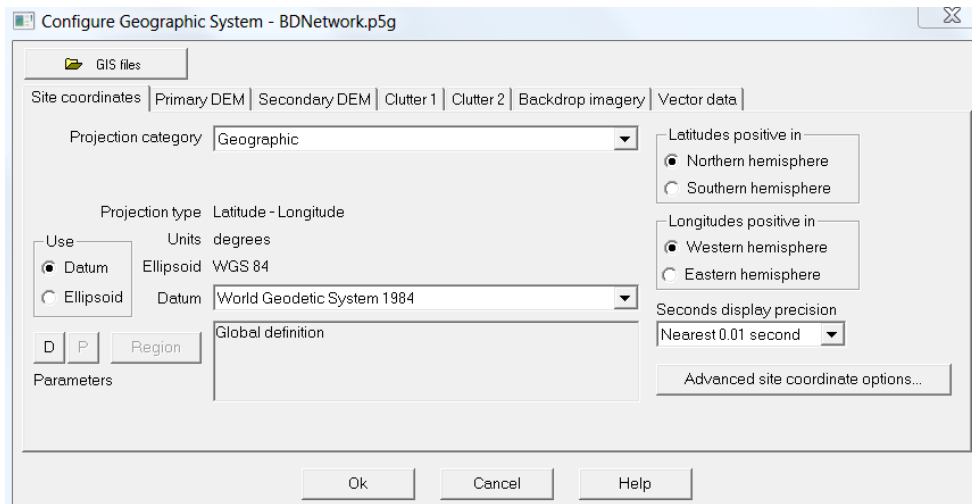


Figura 10. Set Get Configuration

Posteriormente, se selecciona la pestaña Primary DEM y se realiza la siguiente configuración a como se muestra en la Figura 11.

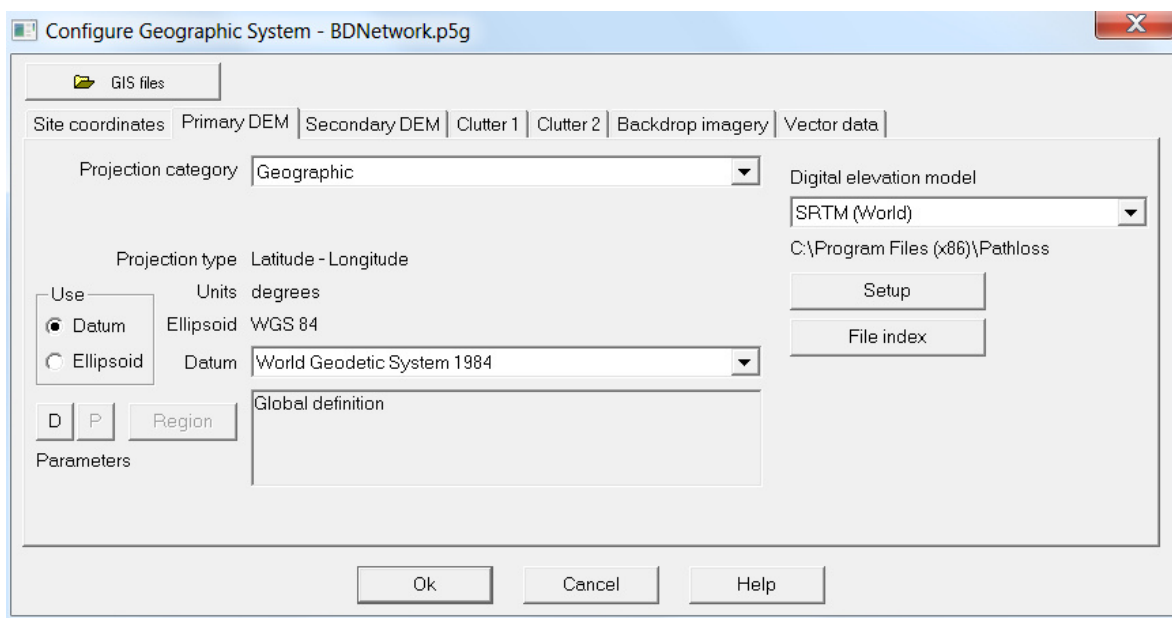


Figura 11. Configuración Primary DEM

Después, hay que dar la ruta donde está ubicada la cartografía, en la siguiente Figura 12, se muestra dicha ruta, para ello se elige la opción Setup.

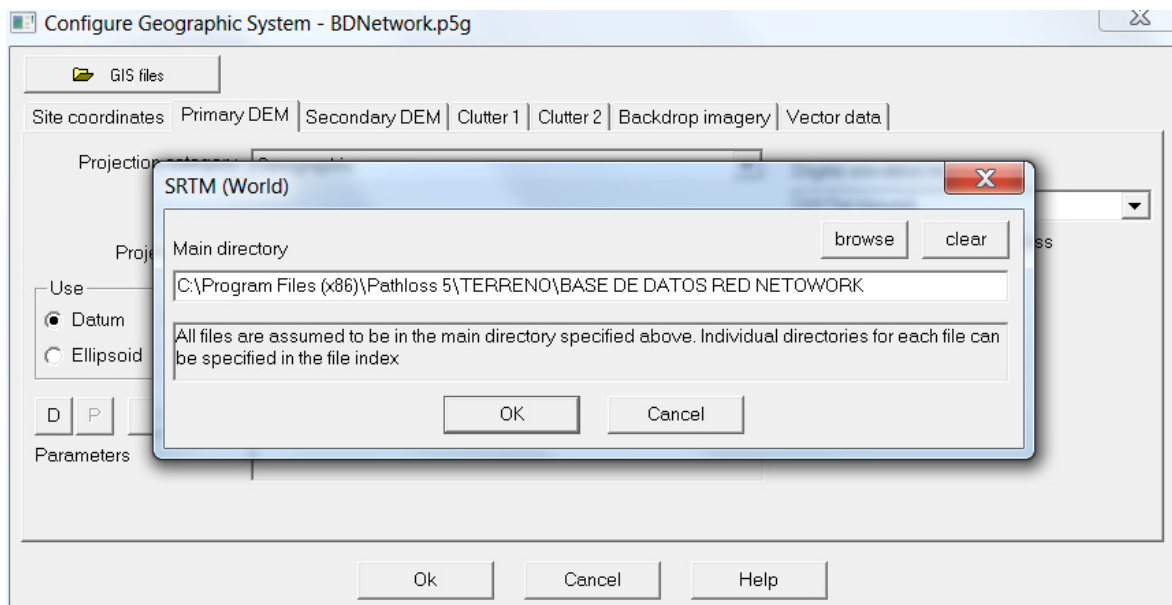
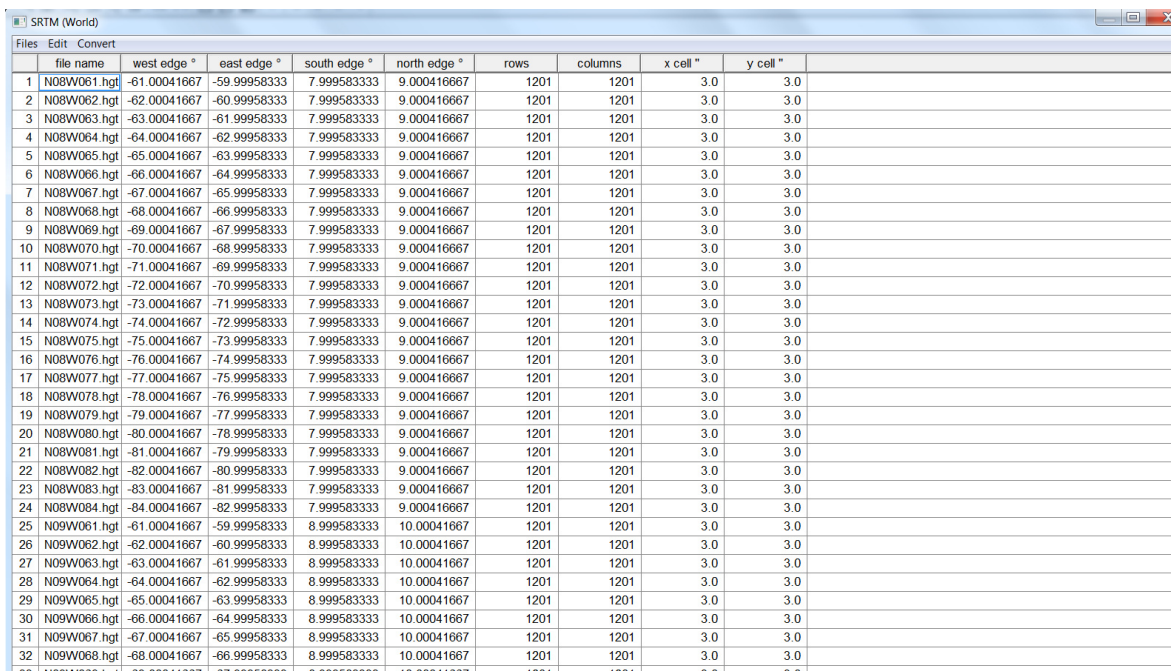


Figura 12. Ruta donde se encuentra la cartografía a utilizar

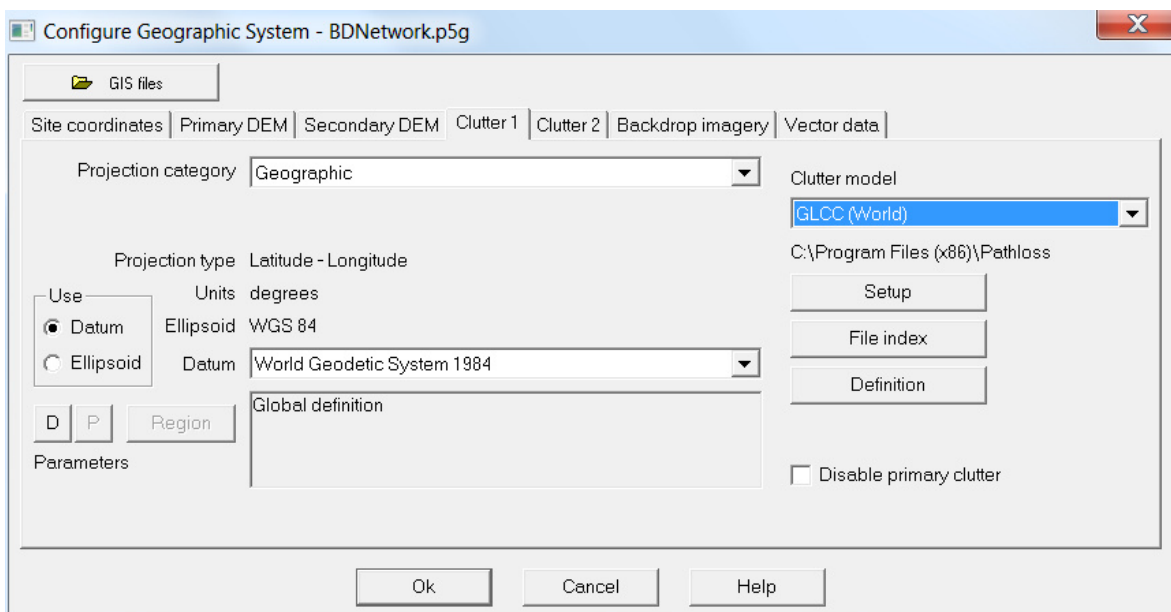
En la figura 13, se muestra la importación del Index/STMR htg file.



	file name	west edge °	east edge °	south edge °	north edge °	rows	columns	x cell °	y cell °
1	N08W061.htg	-61.00041667	-59.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
2	N08W062.htg	-62.00041667	-60.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
3	N08W063.htg	-63.00041667	-61.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
4	N08W064.htg	-64.00041667	-62.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
5	N08W065.htg	-65.00041667	-63.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
6	N08W066.htg	-66.00041667	-64.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
7	N08W067.htg	-67.00041667	-65.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
8	N08W068.htg	-68.00041667	-66.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
9	N08W069.htg	-69.00041667	-67.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
10	N08W070.htg	-70.00041667	-68.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
11	N08W071.htg	-71.00041667	-69.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
12	N08W072.htg	-72.00041667	-70.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
13	N08W073.htg	-73.00041667	-71.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
14	N08W074.htg	-74.00041667	-72.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
15	N08W075.htg	-75.00041667	-73.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
16	N08W076.htg	-76.00041667	-74.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
17	N08W077.htg	-77.00041667	-75.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
18	N08W078.htg	-78.00041667	-76.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
19	N08W079.htg	-79.00041667	-77.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
20	N08W080.htg	-80.00041667	-78.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
21	N08W081.htg	-81.00041667	-79.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
22	N08W082.htg	-82.00041667	-80.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
23	N08W083.htg	-83.00041667	-81.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
24	N08W084.htg	-84.00041667	-82.99958333	7.99958333	9.00041667	1201	1201	3.0	3.0
25	N09W061.htg	-61.00041667	-59.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0
26	N09W062.htg	-62.00041667	-60.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0
27	N09W063.htg	-63.00041667	-61.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0
28	N09W064.htg	-64.00041667	-62.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0
29	N09W065.htg	-65.00041667	-63.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0
30	N09W066.htg	-66.00041667	-64.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0
31	N09W067.htg	-67.00041667	-65.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0
32	N09W068.htg	-68.00041667	-66.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0
33	N09W069.htg	-69.00041667	-67.99958333	8.99958333	10.00041667	1201	1201	3.0	3.0

Figura 13. Index/STMR htg file

En la Figura 14, se muestra la configuración del Clutter1.



Configure Geographic System - BDNetwork.p5g

GIS files

Site coordinates | Primary DEM | Secondary DEM | **Clutter 1** | Clutter 2 | Backdrop imagery | Vector data

Projection category: Geographic

Projection type: Latitude - Longitude

Use: ☒ Datum ☐ Ellipsoid

Units: degrees

Datum: World Geodetic System 1984

Clutter model: GLCC (World)

C:\Program Files (x86)\Pathloss

Buttons: Setup, File index, Definition

☐ Disable primary clutter

Parameters: D, P, Region

Buttons: Ok, Cancel, Help

Figura 14. Clutter 1

En la figura 15, se configura la pestaña Backdrop imagery.

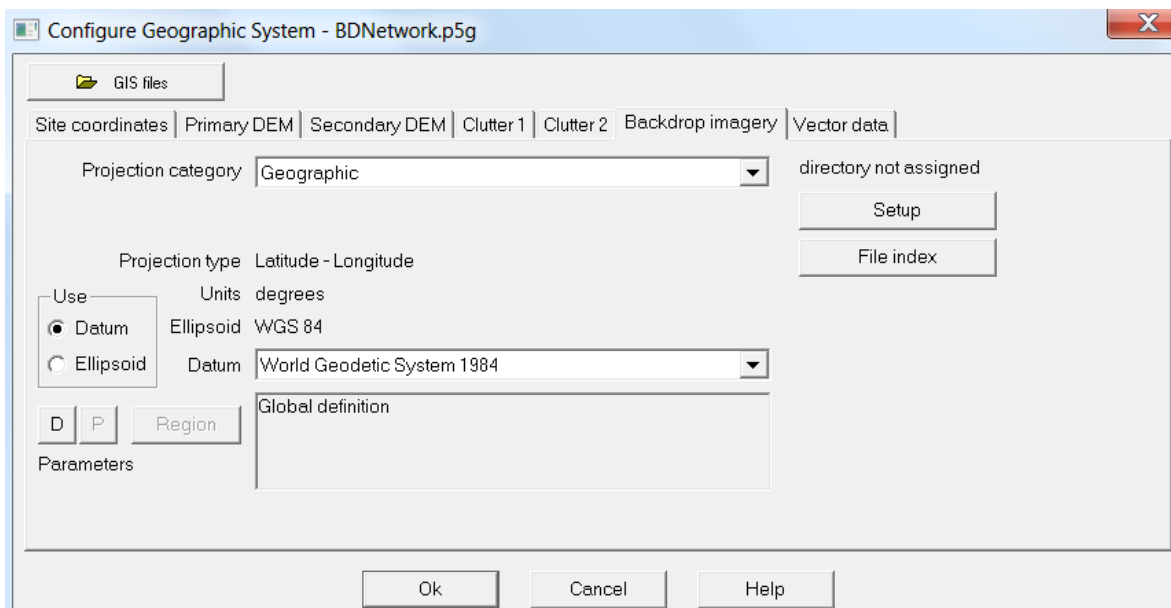


Figura 15. Backdrop imagery

En la figura 16, se configura el Geo-referencing method, con la opción single manually geo-referenced file.

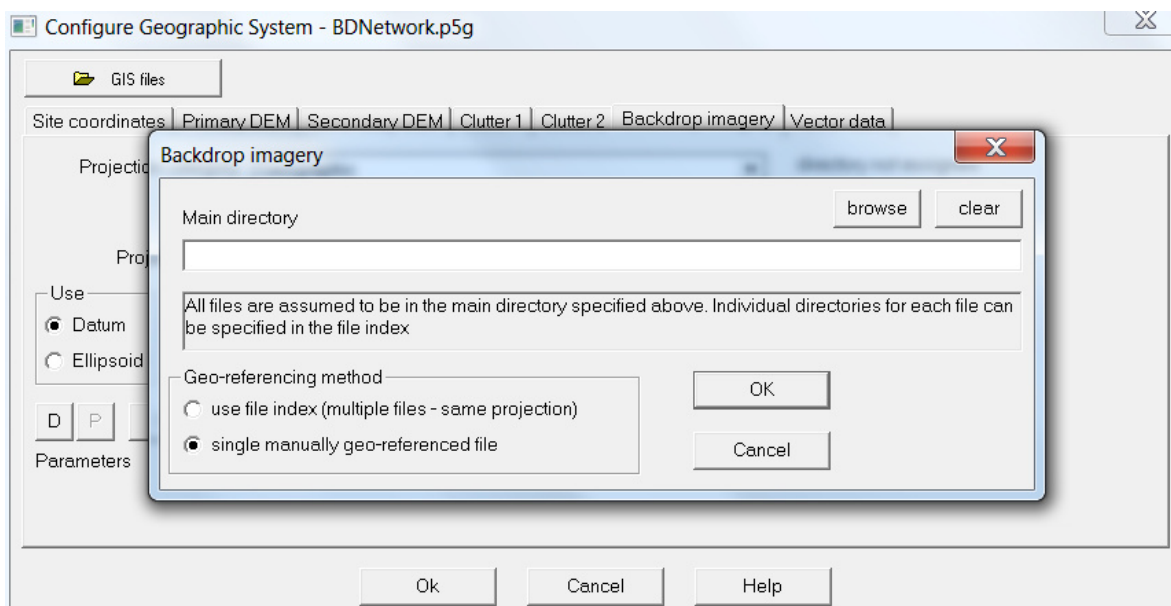


Figura 16. Geo-referencing method

En la Figura 17, se agrega la ruta de imagen.

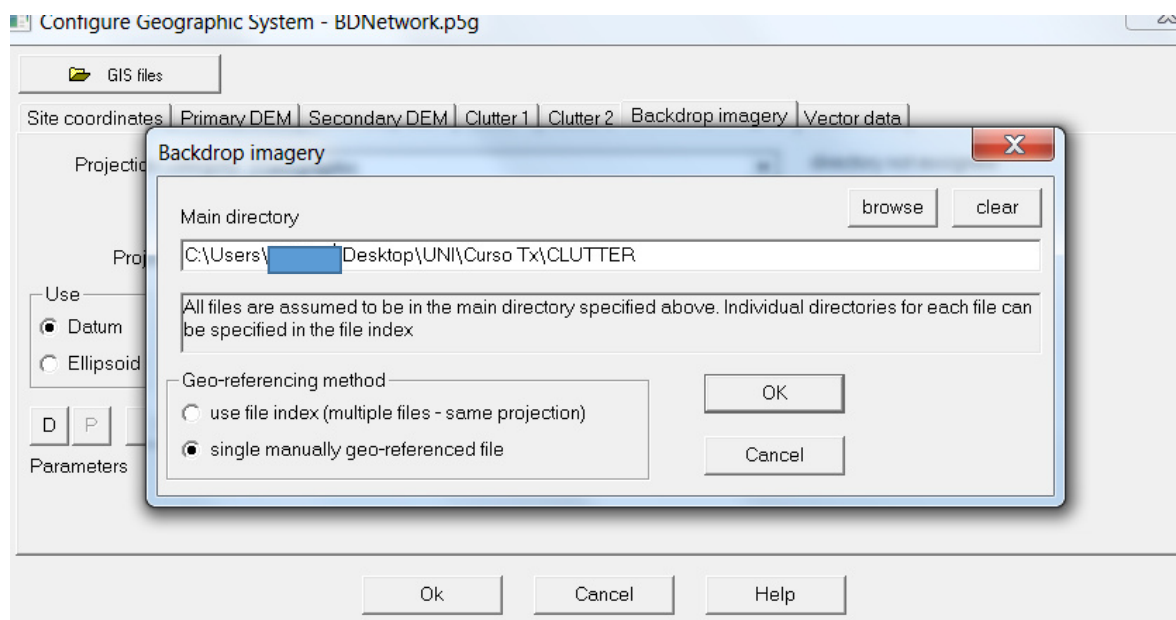


Figura 17. Ruta de imagen

En la Figura 18 se muestra las coordenadas de ambos hospitales donde se tiene interés de diseñar el radioenlace.

Site List							
Import Export Edit Mark sites Create Group Update PL5 files Thematic mapping							
	Site name	Latitude	Longitude	Call sign	Station code	Elevation (m)	Tower height (m)
1	ALEMAN NICARAGÜENSE	12 08 49.28 N	86 13 05.76 W				
2	MANOLO MORALES	12 07 20.93 N	86 14 44.81 W				
3							

Figura 18. Coordenadas de ambos hospitales

En la Figura 19, se muestra ambas coordenadas en la ventana principal de Pathloss 5.0

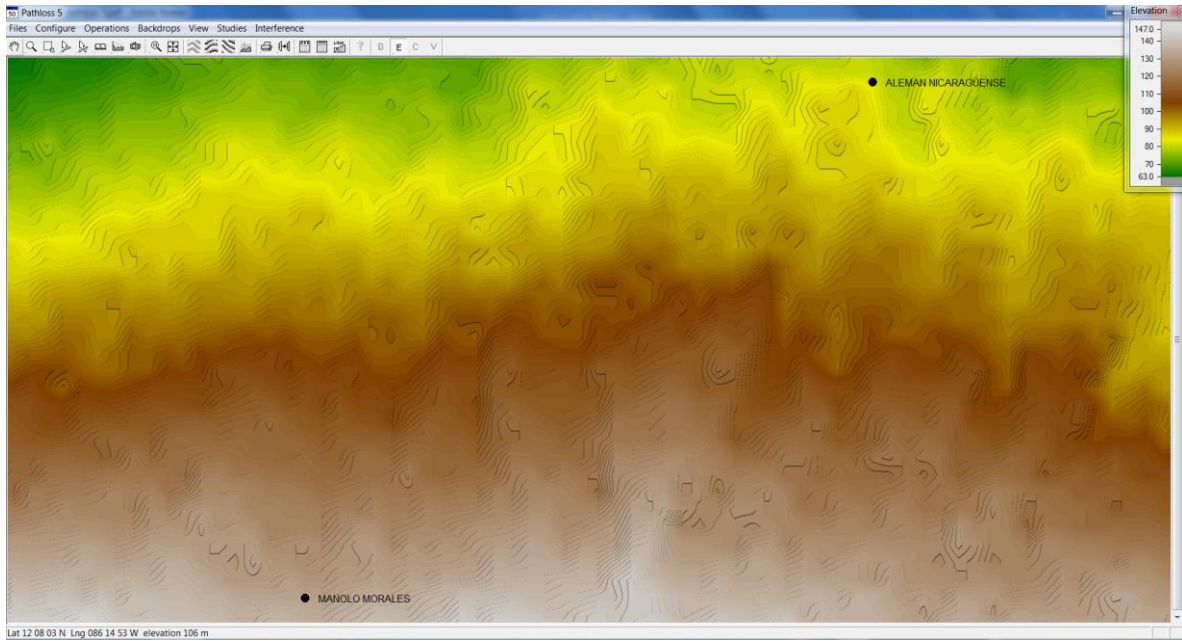


Figura 19. Coordenadas de ambos hospitales en la ventana principal de Pathloss 5.0

En la Figura 20, se muestra la unión entre ambas coordenadas a realizar el diseño del radioenlace.

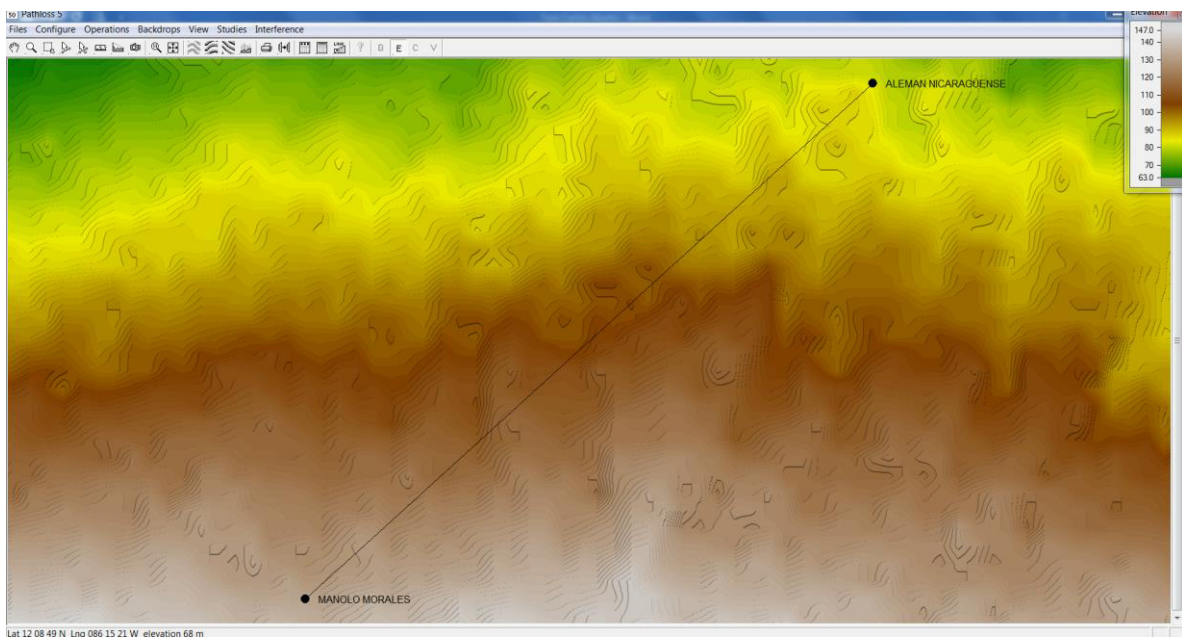


Figura 20. Unión de ambas coordenadas

Para ver el comportamiento del terreno, se requiere dar click izquierdo y escoger la opción terrain data, en la Figura 21 se muestra la ventana.

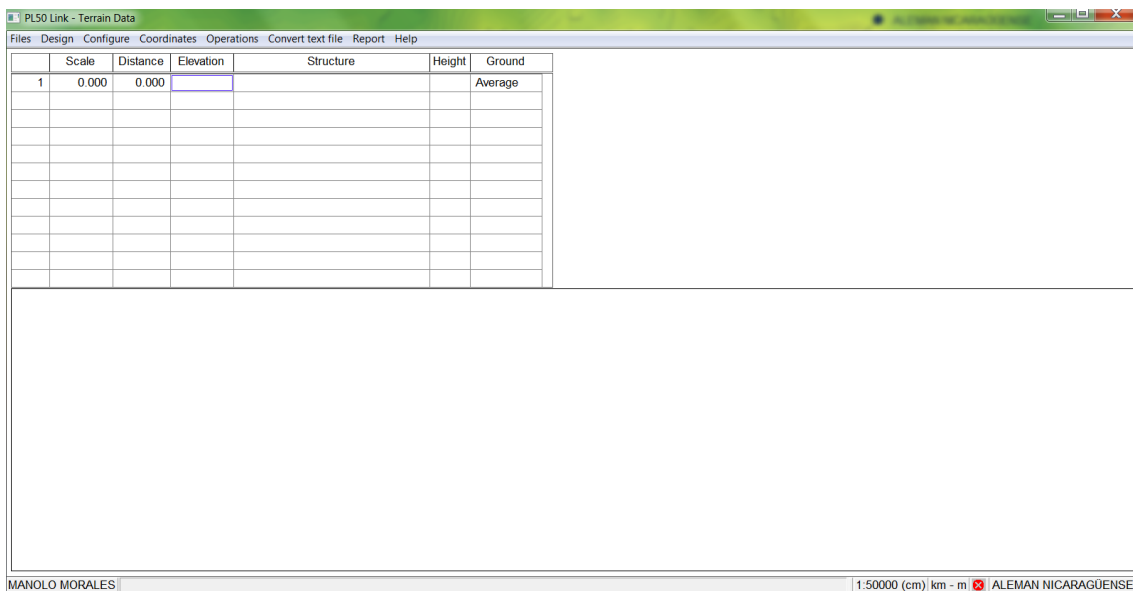


Figura 21. Ventana terrain data

Ahora se deberá de proceder a generar el perfil del terreno, en la opción operations, y después se da click izquierdo en generate profile. En la figura 22 se muestra la ventana.

Generate Path Profile

☒ Primary terrain DEM SRTM (World) - 3.00 "

☐ Secondary terrain DEM

Clutter database selection ☒ GLCC (World) - 30.00 "

☐ Do not use clutter

Datum World Geodetic System 1984
Global definition

MANOLO MORALES ALEMAN NICARAGUENSE

Latitude 12 07 20.93 N 12 08 49.28 N

Longitude 086 14 44.81 W 086 13 05.76 W

Azimuth 47.804 227.810

Path length (km) 4.042

Distance increment (m) 50.0

Figura 22. Generate profile

En la Figura 23, se muestra el perfil del terreno entre el hospital Alemán Nicaragüense y el hospital Escuela Manolo Morales Peralta.

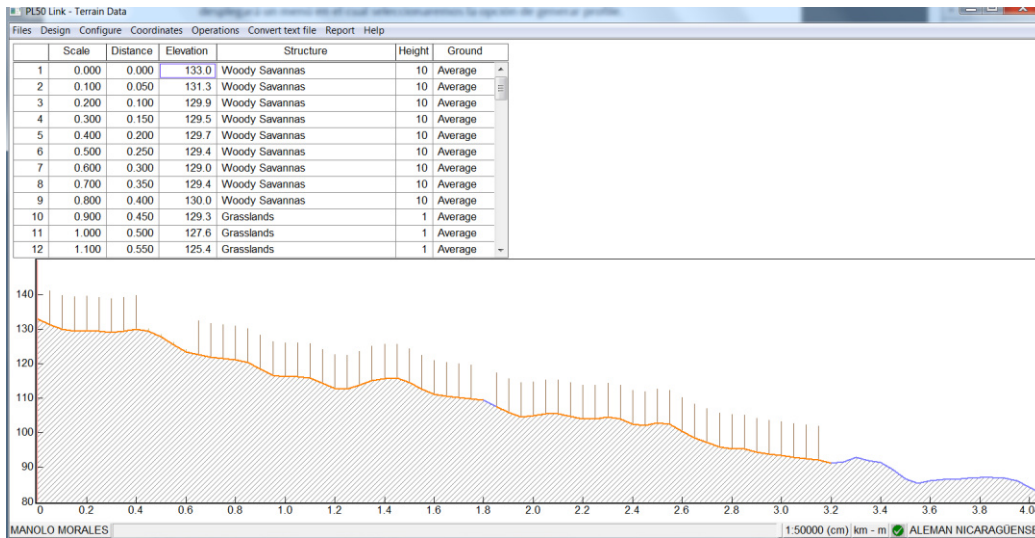


Figura 23. Perfil del terreno entre ambos hospitales

Se deberá determinar las alturas que deberán estar ambas antenas para que haya línea de vista. Para ello, nos vamos a la pestaña Design, y le damos click a Antenna heights. Nos aparecerá la siguiente ventana, a como se puede apreciar en la siguiente figura.

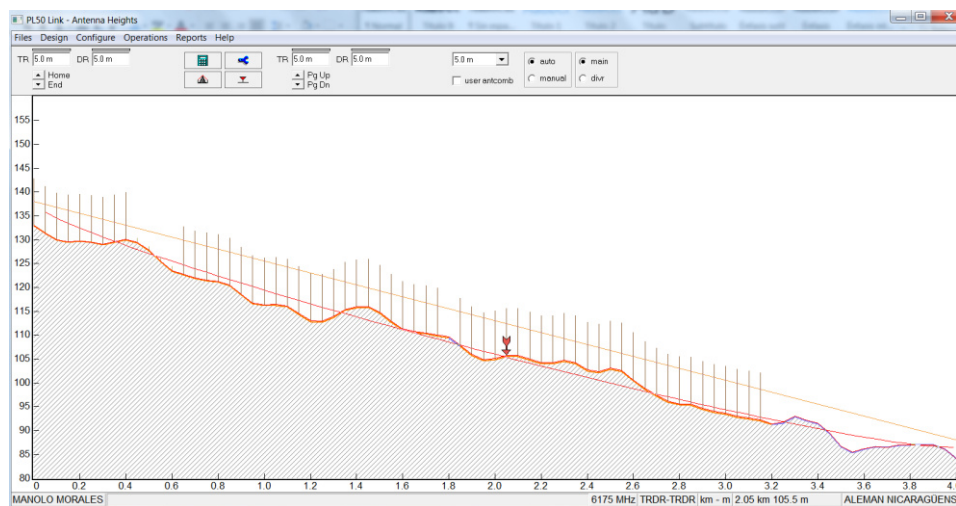


Figura 24. Antenna heights

Sin embargo, para conocer las alturas, primero se debe de la configuración de antenas y la frecuencia, como la distancia es 4.04km, se trabajará con una frecuencia de 15Ghz. En Set antenna configuration, en el diseño se eligió la configuración de antena TR-TR. En la siguiente figura se muestra dicha configuración.

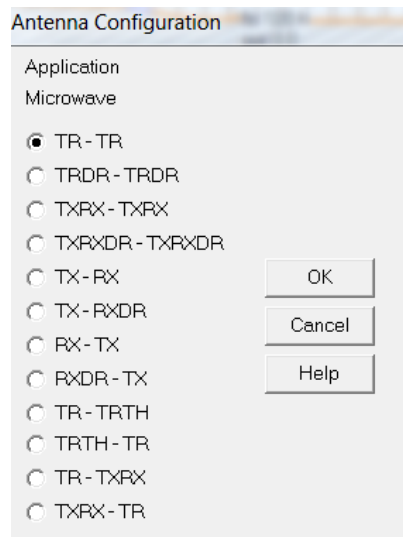


Figura 25. Antenna configuration

A continuación, se tiene la siguiente ventana con la configuración anterior. Véase la Figura 26.

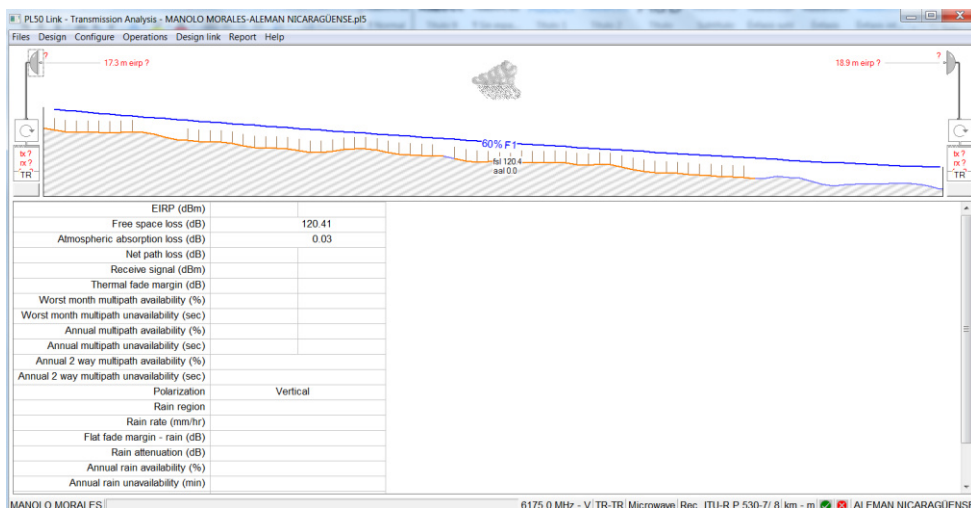


Figura 26. Perfil con la configuración TR-TR

Ahora se procederá a cambiar la frecuencia a 15Ghz con polarización vertical. A como se muestra en la Figura 27.

Path Profile Data (Rec. ITU-R P.530-7/ 8)	
Frequency (MHz)	15000.00
Polarization	Vertical
Path length (km)	4.04
Field margin (dB)	
Diffraction loss (dB)	
Fade occurrence factor (Po)	1.25E-006
Path center latitude	12 08 05.11 N
Path center longitude	086 13 55.29 W
Inland path classification	low altitude antenna (0-400m) - plains
Use over water modifications	No
Fraction of path over water	1.00
Over water classification	large bodies of water
Probability dN/dh < -100 Nunits/km (%)	5.00
Geoclimatic factor	2.80E-006
Path inclination (mr)	12.50
Average annual temperature (°C)	25.05
Dispersive fade occurrence factor	3.00

Figura 27. Configuración de la frecuencia y el tipo de polarización

Los canales a utilizar se muestran en la siguiente figura.

TX Channel Lookup Table 15ghz-14_5ghz-itu-rf_636-df28mhz-840mhz1h,14935,11,14515.tc5

Files Edit

+1f +2f +3f +4f +5f +6f

	Channel ID Hi	pfcx->group_numuency Hi (MHz)	Channel ID Lo	pfcx->group_numuency Lo (MHz)
1	2h	14963	2l	14543
2	3h	14991	3l	14571
3	4h	15019	4l	14599
4	5h	15047	5l	14627
5	6h	15075	6l	14655
6	7h	15103	7l	14683
7	8h	15131	8l	14711
8	9h	15159	9l	14739
9	10h	15187	10l	14767
10	11h	15215	11l	14795
11	12h	15243	12l	14823
12	13h	15271	13l	14851
13	14h	15299	14l	14879
14	15h	15327	15l	14907
15				

Figura 28. Canales a utilizar

En el diseño que se está presentando, el rango de frecuencia se muestra en la siguiente figura.

TX channel assignments MANOLO MORALES - ALEMAN NICARAGÜENSE										
MANOLO MORALES TX						ALEMAN NICARAGÜENSE TX				
	Ch ID	TX (MHz)	ATPC	Pwr.Rd.	Pol	Ch ID	TX (MHz)	ATPC	Pwr.Rd.	Pol
1	15l	14907			V	15h	15327			V
2					V					V
3					V					V
4					V					V
5					V					V
6					V					V
7					V					V
8					V					V
9					V					V
10					V					V
11					V					V
12					V					V

Figura 29. Rango de frecuencia

Para el radioenlace se trabajará con el modelo de radio que se muestra en la Figura 30.

Radio specifications - HUAWEI 15G_XMC2_128Q_56M_312M (15gxmc2128q56mx)

Radio specifications

MANUFACTURER	HUAWEI			
MODEL	15G_XMC2_128Q_56M_312M			
RELEASE_DATE				
REVISION_NUM				
REVISION_DATE				
RADIO_ID	15G_XMC2_312M_1			
PL50_RADIO_CODE	15gxmc2128q56mx			
APPLICATION_TYPE	Microwave			
RADIO_TYPE				
FREQUENCY_RANGE	14400.00		15358.00	
EMISSION_DESIGNATOR	56MOD7W			
DATA_RATE_MBS	346.00			
RADIO_CAPACITY	312		Mbps	
MODULATION	128QAM			
BANDWIDTH_FCC_MHZ				
BANDWIDTH_99PC_MHZ				
BANDWIDTH_3DB_MHZ	49.00			
BANDWIDTH_CHANNEL_MHZ	56.00			
transmit data				
TX_POWER_OPTIONS_DBM	20.50			
TX_POWER_RANGE_DBM				
TX_STABILITY_PERCENT	5.00E-004			
ATPC_RANGE	15.00			
ATPC_STEP_SIZE	1.00			
ATPC_TRIGGER_POINT				
Receiver data				
RX_THRESHOLD_DESCRIPTION	1E-3 BER		1E-6 BER	
RX_THRESHOLD_BER	1.00E-003		1.00E-006	
RX_THRESHOLD_DBM	-69.50		-57.50	
MAXIMUM_SIGNAL	10.00		20.00	

Figura 30. Especificaciones del modelo de radio

En la Figura 31, se muestra los tipos de radios con sus características para ambos sitios.

Microwave		MANOLO MORALES	ALEMAN NICARAGÜENSE
Radio model	15G_XMC2_128Q_56M_312M	15G_XMC2_128Q_56M_312M	15G_XMC2_128Q_56M_312M
Emission designator	56M0D7W	56M0D7W	56M0D7W
Radio code	15gxmc2128q56mx	15gxmc2128q56mx	15gxmc2128q56mx
TX power (watts)	0.11	0.11	0.11
TX power (dBm)	20.50	20.50	20.50
RX threshold criteria	1E-3 BER	1E-3 BER	1E-3 BER
RX threshold level (dBm)	-69.50	-69.50	-69.50
Maximum receive signal (dBm)			
Dispersive fade margin (dB)			

Figura 31. Características de los radios para ambos sitios

El tipo de Antena, tiene las siguientes características. Véase en la Figura 32.

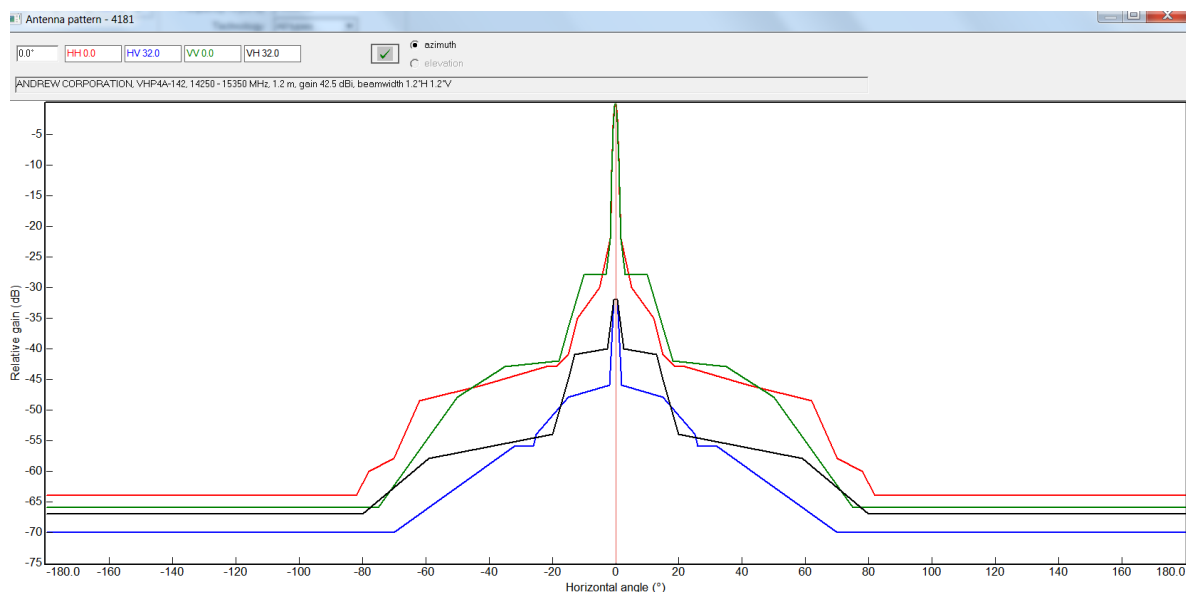


Figura 32. Características de la antena

Posteriormente, se tiene el mismo tipo de antena para ambos sitios, a como se puede observar en la siguiente figura.

Antennas TR - TR		
	MANOLO MORALES	ALEMAN NICARAGÜENSE
Antenna model	VHP4A-142	VHP4A-142
Antenna diameter (m)	1.22	1.22
Antenna height (m)	17.29	18.86
Antenna gain (dBi)	42.50	42.50
Radome loss (dB)		
Antenna code	4181	4181
Antenna 3 dB beamwidth H (°)	1.20	1.20
Antenna 3 dB beamwidth E (°)	1.20	1.20
True azimuth (°)	47.80	227.81
Vertical angle (°)		
Antenna azimuth (°)		
Antenna downtilt (±°)		
Orientation loss (dB)		

Figura 33. Tipo de antena para ambos sitios

El diseño del radioenlace asume lluvia, ya que siempre se debe de considerar el peor de los casos, para evitar que el radioenlace falle, además se definió polarización vertical, debido a que este tipo de polarización tiene menos desvanecimiento con respecto al tipo de polarización horizontal. En la siguiente figura se muestra la configuración.

Rain - Crane	
	On
Path center latitude	12 08 05.11 N
Path center longitude	086 13 55.29 W
Frequency (MHz)	15000.00
Polarization	Vertical
Rain file	
Rain region	
Alpha	
Beta	

Figura 34. Configuración del radioenlace para un entorno con lluvia

En la Figura 35, se muestra el Transmission Analysis.

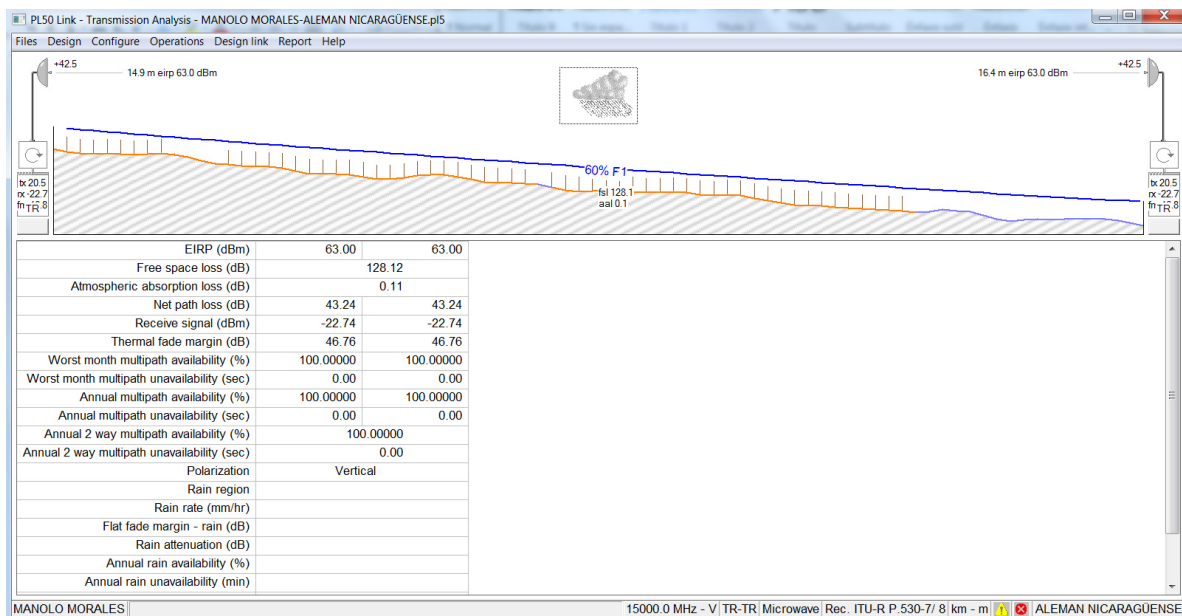


Figura 35. Transmission Analysis

A continuación, en la Figura 36, se muestra las alturas mínimas de ambos sitios, considerando la frecuencia, tipo de antenna, tipo de radio y polarización.



Figura 36. Altura de antenas

Ahora, se procederá a generar un reporte detallado de transmisión.


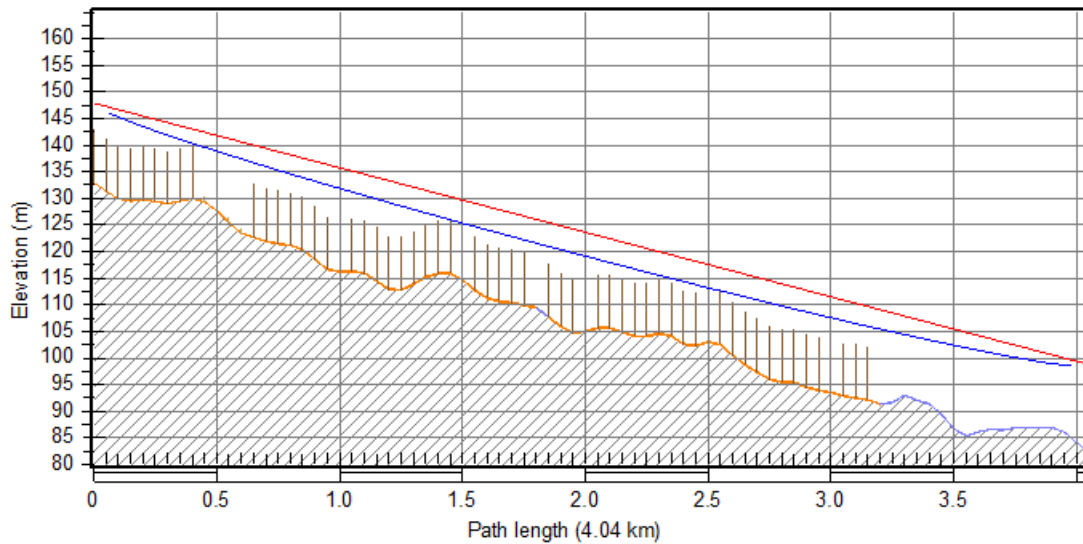
			
	MANOLO MORALES	ALEMAN NICARAGÜENSE	
Latitude	12 07 20.93 N	12 08 49.28 N	
Longitude	086 14 44.81 W	086 13 05.76 W	
True azimuth (°)	47.80	227.81	
Elevation (m)	132.98	82.47	
Antenna model	VHP4A-142 (TR)	VHP4A-142 (TR)	
Antenna code	4181	4181	
Antenna gain (dBi)	42.50	42.50	
Antenna height (m)	14.90	16.42	
Frequency (MHz)		15000.00	
Polarization		Vertical	
Path length (km)		4.04	
Free space loss (dB)		128.12	
Atmospheric absorption loss (dB)		0.11	
Net path loss (dB)	43.24	43.24	
Radio model	15G_XMC2_128Q_56M_312M	15G_XMC2_128Q_56M_312M	
Radio code	15gxmc2128q56mx	15gxmc2128q56mx	
TX power (dBm)	20.50	20.50	
Emission designator	56M0D7W	56M0D7W	
EIRP (dBm)	63.00	63.00	
TX channel assignments	15I 14907V	15h 15327V	
RX threshold criteria	1E-3 BER	1E-3 BER	
RX threshold level (dBm)	-69.50	-69.50	
Receive signal (dBm)	-22.74	-22.74	
Thermal fade margin (dB)	46.76	46.76	
Dispersive fade occurrence factor		3.00	
Geoclimatic factor		2.802E-006	
Path inclination (mr)		12.50	
Average annual temperature (°C)		25.05	
Fade occurrence factor (Po)		1.247E-006	
Worst month multipath availability (%)	100.00000	100.00000	
Worst month multipath unavailability (sec)	0.00	0.00	
Annual multipath availability (%)	100.00000	100.00000	
Annual multipath unavailability (sec)	0.00	0.00	
Annual 2 way multipath availability (%)		100.00000	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)		0.00	
Polarization		Vertical	

Figura 37. Reporte detallado de transmisión

También se generó un reporte un Transmission Sumary Report. Véase la Figura 38.



F = 15000.00 MHz K = 1.33 %F1 = 100.0, 60.0

	MANOLO MORALES SALEMAN NICARAGÜENSE	
Latitude	12 07 20.93 N	12 08 49.28 N
Longitude	086 14 44.81 W	086 13 05.76 W
True azimuth (°)	47.80	227.81
Elevation (m)	132.98	82.47
Antenna model	VHP4A-142 (TR)	VHP4A-142 (TR)
Antenna gain (dBi)	42.50	42.50
Antenna height (m)	14.90	16.42
TX loss (dB)	0.00	0.00
RX loss (dB)	0.00	0.00
Radio model	15G_XMC2_128Q_56M_312M	15G_XMC2_128Q_56M_312M
TX power (dBm)	20.50	20.50
EIRP (dBm)	63.00	63.00
TX channel assignments	15l 14907V	15h 15327V
Receive signal (dBm)	-22.74	-22.74
Thermal fade margin (dB)	46.76	46.76
Annual 2 way multipath availability (%)	100.00000	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)	0.00	

Figura 38. Transmission Summary Report

7. CONCLUSIONES

En Nicaragua existen muchas debilidades en lo que respecta a los sistemas de comunicaciones, ya que muchas instituciones no lo ven como una inversión, sino como un gasto, por ello la importancia de modernizar y establecer redes que permitan comunicar a todos los hospitales.

La comunicación hoy en día es fundamental para el desarrollo social y económico del país, en este trabajo aplicado se demostró la viabilidad técnica que tiene la implementación un radioenlace entre el hospital Alemán Nicaragüense y el hospital Escuela Manolo Morales, ya que hoy en día la información es muy significativa, y esta propuesta contribuye con la comunicación entre ambos hospitales como recurso de un sistema para desastres u otras aplicaciones que se puedan considerar.

También, es importante destacar, que este proyecto monográfico de alcance aplicado, contribuye en la disciplina de radiocomunicaciones, que es una disciplina fundamental en la carrera de ingeniería en electrónica. Este trabajo también puede seguir como guía para el diseño de radioenlaces en otros sitios de interés, evidentemente cada diseño tiene sus propias características y parámetros que lo hacen único.

8. BIBLIOGRAFIA

[1] Ramos Pascual Francisco. "Radiocomunicaciones". Marcombo Universitaria. ISBN:9788426722027. Edición 1. 2015.

[2] Ramos Francisco. "Cálculo de atenuación por vegetación en un radioenlace". Radioenlace. Disponible en: <http://www.radioenlaces.es/articulos/calculo-de-la-atenuacion-por-vegetacion-en-un-radioenlace/#more-502>

[3] Propagación de Ondas Electromagnéticas. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf

[4] Principio de Huygens. Disponible en: <http://www.osso.org.co/docu/tesis/2001/comportamiento/marcot.pdf>

[5] Propagación de RF. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo1.pdf

[6] Antenas. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos6/ante/ante.shtml>

[7] Anguera Jaume. Pérez Antonio. Teoría de Antenas. Disponible en: http://www.salleurl.edu/semipresencial/ebooks/ebooks/ebook_teoria_antenas.pdf

[8] Hernández. Comunicación de Datos. Disponible en: <http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/COMUNICACION%20DE%20DATOS/Unidad%20II/UNIDAD%20II-8.pdf>

[9] Radienlaces Terrestres Microondas. Disponible en: <https://docplayer.es/8397381-Radio-enlaces-terrestres-microondas.html>